

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Juni 2002 (13.06.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/46093 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C01B 3/36**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP01/14216**

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Dezember 2001 (05.12.2001)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
100 60 371.8 5. Dezember 2000 (05.12.2000) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **EMITEC GESELLSCHAFT FÜR EMIS-
SIONSTECHNOLOGIE MBH [DE/DE]**; Hauptstrasse
150, 53797 Lohmar (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRÜCK, Rolf**
[DE/DE]; Fröbelstrasse 12, 51429 Bergisch Gladbach
(DE). **ZIMMERMANN, Jörg** [DE/DE]; Auf dem
Schelles 31, 53902 Bad Münstereifel (DE).

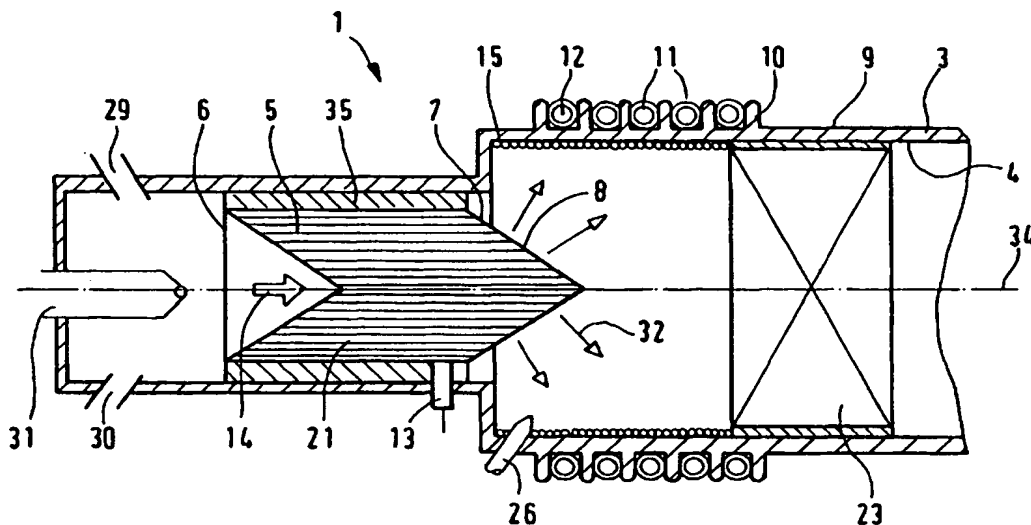
(74) Anwälte: **KAHLHÖFER, Hermann** usw.; Kahlhöfer
Neumann Heilein, Karlstrasse 76, 40210 Düsseldorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ,
LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN,
MW, MX, MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,
SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN,
YU, ZA, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **REACTOR FOR PARTIAL OXIDATION**

(54) Bezeichnung: **REAKTOR ZUR PARTIELLEN OXIDATION**



(57) Abstract: A reactor (1), for the partial oxidation of a hydrocarbon-containing gas mixture stream, in particular in a mobile reformer unit (2), comprising a housing (3), with an inner surface (4) and a honeycomb body (5) with an inlet end face (6) and an outlet end face (7), whereby the honeycomb body (5) is at least partly surrounded by the inner surface (4) of the housing (3) and the gas mixture stream may flow through the above body, is characterised in that the honeycomb body (5) has at least one free emitting surface (8) for heat dissipation, directed towards the inner surface (4) of the housing (3). At a temperature of 600 ° Celsius the inner surface (4) has an emissivity of greater than 75 %, preferably greater than 80 % and in particular greater than 85 %. As transient temperatures of ca. 1300 ° Celsius can be achieved during partial oxidation and the honeycomb body radiates heat at an increased rate in this temperature range, which is absorbed by the housing, the reactor as above is protected against an overheating of the honeycomb body.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/46093 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Reaktor (1) zur partiellen Oxidation eines kohlenwasserstoffhaltigen Gasgemischstromes, insbesondere in einer mobilen Reformieranlage (2), umfassend ein Gehäuse (3) mit einer Innenfläche (4) sowie einen Wabenkörper (5) mit einer Eintrittsstirnseite (6) und einer Austrittsstirnseite (7), wobei der Wabenkörper (5) zumindest teilweise von der Innenfläche (4) des Gehäuses (3) umschlossen und für den Gasgemischstrom durchströmbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Wabenkörper (5) an der Austrittsstirnseite (7) mindestens eine freie Abströmfläche (8) zur Wärmeabstrahlung hat, die zur Innenfläche (4) des Gehäuses (3) hin ausgerichtet ist, und die Innenfläche (4) bei einer Temperatur von 600 °Celsius einen Emissionsgrad grösser als 75% hat, vorzugsweise grösser als 80% und insbesondere grösser 85%. Da bei der partiellen Oxidation zumindest kurzzeitig Temperaturen bis ca. 1300 °Celsius erreicht werden und der Wabenkörper in diesem Temperaturbereich verstärkt Wärme abstrahlt, die von dem Gehäuse absorbiert wird, ist ein derartig ausgeführter Reaktor gegen eine Überhitzung des Wabenkörpers geschützt.

Reaktor zur partiellen Oxidation

Die Erfindung bezieht sich auf einen Reaktor zur partiellen Oxidation eines kohlenwasserstoffhaltigen Gasgemischstromes, insbesondere in einer mobilen Reformeranlage, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ein derartiger Reaktor dient beispielsweise zur Erzeugung eines wasserstoffreichen Gasgemischstromes zum Zwecke des Betriebes einer Brennstoffzelle im Automobilbau.

10 Brennstoffzellen für die Energieversorgung elektrisch angetriebener Kraftfahrzeuge sind derzeit Gegenstand intensiver Forschungsarbeit. Der Kraftstoff für die Brennstoffzelle ist Wasserstoff. Speziell für den Einsatz in mobilen Anwendungen ergibt sich hierbei die Frage, ob der Wasserstoff direkt im Fahrzeug mitgeführt und verwendet wird, oder ob er in indirekter Form in sogenannten Wasserstoffträgern wie zum Beispiel Methanol, Benzin, Diesel, etc. gespeichert und dann erst
15 im Fahrzeug selbst in Wasserstoff umgewandelt wird. Da für eine Betankung von Kraftfahrzeugen mit flüssigem Wasserstoff derzeit keine geeignete Infrastruktur besteht und weiterhin die Speicherung des Wasserstoffs problematisch ist, wird die Reformierung von Kohlenwasserstoffen zur Wasserstoffgewinnung an Bord
20 des Kraftfahrzeugs bevorzugt.

Mit dem Begriff Reformierung wird eine Reihe von Prozessen für die Produktion wasserstoffreicher Gase, sogenannter Reformate, bezeichnet. Neben dem am weitesten verbreiteten Prozeß zur Reformierung von Kohlenwasserstoff, der Dampf-
25 reformierung, kommt hierbei die sogenannte partielle Oxidation zum Einsatz. Bei der partiellen Oxidation wird Sauerstoff oder Luft einem dampfförmigen Kohlenwasserstoff als Oxidationsmittel zugegeben. Dabei entsteht nach einer stark exothermen Oxidationsreaktion, die überschüssige Wärme produziert und somit im Gegensatz zur Dampfreformierung keiner externen Wärmequelle bedarf.
30 Dadurch ergibt sich die Möglichkeit einer einfachen Reaktorkonstruktion. Da die Reaktionswärme im Inneren des Reaktors entsteht, können die Start- und Last-

wechselzeiten prinzipiell geringer sein als bei der Dampfreformierung. Der Wasserstoffgehalt des entstehenden Reformates beträgt ca. 50 %, wobei der Kohlenmonoxid-Gehalt zumeist zwischen 3 und 4 % liegt. Energie wird im Prinzip nur zum Starten der partiellen Oxidation gebraucht (Aktivierungsenergie).

5

Eine solche Vorrichtung zur Durchführung einer partiellen Oxidation von kohlenwasserstoffhaltigem Brennstoff geht beispielsweise aus der Patentschrift US 4,844,837 hervor. Die partielle Oxidation läuft dabei katalysiert in einem Monolithen ab, der eine katalytisch aktive Oberfläche aufweist. Der Monolith soll dabei die Anforderungen hinsichtlich eines geringen Druckverlustes, hoher Durchsatzraten und einer verminderten katalytischen Aktivität im Eintrittsbereich erfüllen. Der Monolith kann sowohl aus einer porösen Keramik als auch mit einer metallischen Wabenstruktur gefertigt sein. Die metallischen Monolithen sind mit glatten und gewellten Blechen gebildet, die gestapelt und geschlungen sind. Zusätzlich wird vorgeschlagen, den Monolithen thermisch zu isolieren und gegebenenfalls mit Hilfe einer Gasrückführung zu beheizen.

Bei Ablauf der partiellen Oxidation sind für die Verschiebung der Reaktionsgleichgewichte zur Produktseite hin, also hin zu einer erhöhten Wasserstoffausbeute, Temperaturen von typisch 1300° C erforderlich. Diese sehr hohen Temperaturen können Materialprobleme mit sich bringen.

Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, einen einfach aufgebauten Reaktor anzugeben, der, vorzugsweise selbstregulierend, eine thermische Überbeanspruchung verhindert.

Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Reaktor gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

Der vorgeschlagene Reaktor zur partiellen Oxidation eines kohlenwasserstoffhaltigen Gasgemischstromes, insbesondere in einer mobilen Reformieranlage, umfaßt ein Gehäuse mit einer Innenfläche sowie einen Wabenkörper mit einer Eintrittsseite und einer Austrittsseite. Der Wabenkörper ist zumindest teilweise von der Innenfläche des Gehäuses umschlossen und für den Gasgemischstrom durchströmbar. Der erfindungsgemäße Reaktor zeichnet sich dadurch aus, daß der Wabenkörper an der Austrittsseite mindestens eine freie Abströmfläche zur Wärmeabstrahlung hat, die zur Innenfläche des Gehäuses hin ausgerichtet ist. Die Innenfläche hat bei einer Temperatur von 600° C einen Emissionsgrad größer als 75 %, vorzugsweise größer als 80 % und insbesondere größer als 85 %. Die Temperatur von 600° C ist als repräsentative Betriebstemperatur zu sehen, es sind Betriebstemperaturen im Bereich von 300 bis 1300° C, bevorzugt im Bereich von 400 bis 1000° C, insbesondere im Bereich von 600 bis 800° C möglich.

Unter freien Abströmflächen werden hier Bereiche des Wabenkörpers verstanden, die durch andere Flächen des Wabenkörpers nach außen zum Umfang des Wabenkörpers hin nicht abgedeckt sind. Die Abströmflächen weisen vorzugsweise in Richtung auf den Umfang des Wabenkörpers, d. h. sie sind nach außen gerichtet. Unter „nach außen gerichtet“ wird in diesem Zusammenhang eine Richtung senkrecht zur Abströmfläche, hin zu der den Wabenkörper umschließenden Innenfläche des Gehäuses verstanden. Eine besonders gute Wärmeabstrahlung wird dabei erzielt, wenn die Austrittsseite des Wabenkörpers mindestens 50 %, vorzugsweise 75 %, insbesondere mehr als 90 % als freie Abströmfläche ausgeführt ist. Eine besonders einfache Ausführungsform eines solchen Wabenkörpers mit freien Abströmflächen stellt beispielsweise ein teleskopierter Wabenkörper dar. Die Wärmestrahlung tritt verstärkt bei Temperaturen von 600° C und mehr auf. Die Intensität der Strahlung nimmt mit steigender Oberflächentemperatur des Wabenkörpers zu; sie steigt mit der vierten Potenz der absoluten Temperatur. Der oben beschriebene Wabenkörper reguliert aufgrund der freien Abströmfläche selbständig bei ansteigenden Temperaturen eine zunehmende Wärmeabfuhr, wodurch eine thermische Überlastung des Wabenkörpers verhindert wird.

Die von dem Wabenkörper emittierte Wärmestrahlung trifft nun auf die Innenfläche des Gehäuses auf, wobei die Wärmestrahlung zumindest teilweise absorbiert wird. Zur Charakterisierung des Absorptions- beziehungsweise Emissionsverhaltens der Innenfläche wird hier der Emissionsgrad herangezogen. Der Emissionsgrad (ϵ) ist definiert als der Quotient aus der Strahlungskonstanten der Innenfläche des Gehäuses (C) zur Strahlungskonstante eines schwarzen Körpers (C_s) [$\epsilon = C / C_s$; mit $C_s = 5,67 \times 10^{-8} \text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$]. Der schwarze Körper zeichnet sich dadurch aus, daß er die gesamte auftreffende Strahlung absorbiert. Der wirkliche Körper, also hier die Innenfläche des Gehäuses, emittiert weniger (Wärme-) Strahlung als der schwarze Körper. Der Emissionsgrad (ϵ) gibt somit das Verhältnis der Emission des wirklichen Körpers zur Emission des schwarzen Körpers von gleicher Oberflächentemperatur an. Die Strahlungskonstante eines wirklichen Körpers läßt sich anhand des Strahlungsflusses bestimmen. Sie ist definiert durch das Verhältnis aus dem Strahlenfluß (Ψ) und dem Produkt aus der abstrahlenden Oberfläche (A) und der vierten Potenz der absoluten Temperatur (T) [$C = \Psi/AT^4$]. Die Ausführung der Innenfläche des Gehäuses mit einem Emissionsgrad größer als 75 % bei einer Temperatur von 600° Celsius hat zur Folge, daß nur ein sehr geringer Anteil der auftreffenden Wärmestrahlung reflektiert wird. Die von dem Wabenkörper abgestrahlte Wärme wird somit nahezu vollständig abgeführt.

Ein solcher Emissionsgrad läßt sich durch die Verwendung von Materialien mit entsprechend hohen Emissionsgraden verwirklichen, wie ihn zum Beispiel matt oxidiertes Stahl aufweist. Ein weiteres Beispiel ist oxidiertes Nickel, das bei Temperaturen von 600° Celsius und mehr einen entsprechend hohen Emissionsgrad aufweist. Generell kann der Emissionsgrad durch den Zusatz entsprechender Legierungsmetalle weiter vorteilhaft erhöht werden. Weiterhin möglich ist die Beschichtung mit einem mineralischen Material, beispielsweise mit einem entsprechenden Sand mit Beimischungen oder auch einem entsprechenden Washcoat. Erfindungsgemäß möglich ist auch die Ausführung des Gehäuses als Keramik, die

einen Emissionsgrad von mehr als 75% bei einer Temperatur von 600° Celsius und mehr aufweist.

5 Möglich ist auch eine Kombination der oben aufgezählten Möglichkeiten, sowie eine durch die Auftragung einer Beschichtung erfolgende entsprechende Oberflächenvergrößerung der Innenfläche. Die Auftragung der Beschichtung auf die Innenfläche des Gehäuses kann vorteilhaft durch Flammsspritzen erfolgen.

10 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist das Gehäuse mindestens eine Kühlvorrichtung auf. Dies hat den Vorteil, daß während des Betriebes des Reaktors ein deutlicher Temperaturunterschied zwischen dem Wabenkörper und dem Gehäuse besteht, so daß eine sehr effektive Wärmeabfuhr möglich ist.

15 Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn das Gehäuse eine Außenfläche hat, die mit Kühlrippen ausgeführt ist. Grenzt das Gehäuse während des Betriebes des Reaktors an eine kältere Umgebung gegenüber dem Wabenkörper, so ist stets eine sehr gute Wärmeabfuhr gewährleistet. Die Kühlrippen stellen dabei eine Vergrößerung der Außenfläche dar, um diesen Effekt zu verstärken.

20 Gemäß noch einer weiteren Ausgestaltung grenzt das Gehäuse an einen Wärmetauscher, der von einem Kühlmedium durchströmbar ist, wobei vorzugsweise mindestens ein Sensor zur Bestimmung der Temperatur des Wabenkörpers selbst und/oder des partiellen oxidierten Gasgemischstromes vorgesehen ist. Mit einem derartigen Wärmetauscher wird das Gehäuse zusätzlich gekühlt, wobei ein solche
25 Kühlung vorzugsweise nur dann eingesetzt wird, wenn die Temperatur des Wabenkörpers beziehungsweise des Gasgemischstromes eine vorgebbare Grenztemperatur erreicht, die eine hohe thermische Belastung kennzeichnet. Somit wird die selbstregulierende Kühlung durch eine aktive Kühlung unterstützt.

30 Gemäß noch einer weiteren Ausgestaltung des Reaktors ist die Abströmfläche konisch und die Innenfläche zylindrisch oder oval ausgeführt, wobei die Abström-

fläche und die Innenfläche zentrisch zu einer Strömungsrichtung angeordnet sind. Das hat zur Folge, daß die Abströmfläche und die Innenfläche nicht parallel zueinander angeordnet sind, wodurch die geringen Anteile der reflektierten Wärmestrahlung nicht in Richtung der Abströmfläche zurückemittiert werden.

5

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Innenfläche des Gehäuses wenigstens teilweise eine Mikrostruktur aufweist. Diese kann beispielsweise mit Noppen, Mikrofurchen, etc. ausgeführt sein. Auf diese Weise wird der Emissionsgrad erhöht, da eine Reflektion im wesentlichen verstärkt bei glatten Oberflächen auftritt. Die Mikrostruktur kann im Zusammenhang mit der Auftragung einer Beschichtung auf die Innenfläche des Gehäuses erzeugt werden.

Die Innenoberfläche des Gehäuses kann vorteilhafterweise zumindest teilweise eine Beschichtung aufweisen, die eine raue Oberseite hat. Die Beschichtung kann beispielsweise mit einem Metalloxid, Lot, einem Katalysator, Washcoat oder einer Zeolithstruktur ausgeführt sein. Auch eine solche Beschichtung erhöht den Emissionsgrad der Innenfläche, wobei das Material des Gehäuses beibehalten werden kann.

20 Gemäß noch einer weiteren Ausgestaltung weist der Wabenkörper zumindest teilweise strukturierte Blechlagen mit Blechen auf, die eine Dicke kleiner 0,06 mm, insbesondere kleiner 0,02 mm haben. Ein solcher Wabenkörper kann beispielsweise dadurch hergestellt werden, daß Blechlagen aus abwechselnd glatten und gewellten Blechen zu einem Paket gestapelt, anschließend gewickelt, gewunden oder geschlungen und schließlich in ein Mantelrohr eingesetzt werden. Die Blechlagen bilden dabei eine Vielzahl von für ein Fluid durchströmbare Kanäle. Die Bleche sind relativ dünnwandig ausgeführt, wodurch eine sehr geringe oberflächenspezifische Wärmekapazität erzielt wird. Die ist insbesondere in Hinblick auf den Start der partiellen Oxidation von Vorteil, da in dieser Phase eine Aktivierungsenergie benötigt wird und diese nur in sehr geringem Maße von dem Wabenkörper aufgenommen wird.

Dabei ist es vorteilhaft, daß die Anzahl der Kanäle pro einer Schnittflächeneinheit des Wabenkörpers größer als 600 cpsi („cells per square inch“) beträgt, insbesondere sogar größer 1000 cpsi. Gegebenenfalls ist sogar eine Kanaldichte größer
5 1200 cpsi vorteilhaft. Die Anzahl der Kanäle pro einer Schnittflächeneinheit ist charakteristisch für die Oberfläche des Wabenkörpers, die mit dem durchströmenden kohlenwasserstoffhaltigen Gasgemischstrom in Kontakt kommt. Eine sehr große Oberfläche ist besonders dann vorteilhaft, wenn der Wabenkörper eine katalytisch aktive Oberfläche hat. Durch den Einsatz von Katalysatoren können die
10 erforderlichen Temperaturen der partiellen Oxidation gesenkt werden. Geeignete Katalysatoren sind beispielsweise Oxide von Metallen aus der III. und IV. Periode des Periodensystems der Elemente. Die Verbindung von einer sehr großen sowie katalytisch aktiven Oberfläche des Wabenkörpers ermöglicht eine sehr hohe Wasserstoffausbeute im Rahmen der partiellen Oxidation.

15
Gemäß noch einer weiteren Ausgestaltung ist stromabwärts des Wabenkörpers ein Mischkörper angeordnet, der ebenfalls für einen Gasgemischstrom durchströmbar ist, wobei vorzugsweise zwischen dem Wabenkörper und dem Mischkörper ein Fluid einleitbar ist. Dabei ist der Mischkörper in Strömungsrichtung vorzugsweise
20 beabstandet gegenüber dem Wabenkörper angeordnet. Auf diese Weise wird eine Art Hohlraum gebildet, der eine ausreichende Wärmeabstrahlung des Wabenkörpers auf die Innenfläche des Gehäuses gewährleistet. Die Zuführung eines Fluides in diesen Hohlraum fördert beispielsweise eine Konvektion des Fluids bzw. des Gasgemischstromes in diesem Hohlraum, wodurch ebenfalls Kühleffekte für den
25 Wabenkörper nutzbar gemacht werden. Das Fluid kann dabei beispielsweise ein sauerstoffhaltiger Gasstrom oder Wasserdampf sein. Der Mischkörper gewährleistet stromabwärts eine homogene Verteilung der einzelnen Komponenten des Gasgemischstromes, der beispielsweise in Hinblick auf eine nachfolgende Wasserdampfreformierung einen sehr hohen Wasserstoffanteil des Produktgases ermöglicht.
30 licht.

Weitere vorteilhafte und besonders bevorzugte Ausführungsformen des Reaktors werden anhand der Zeichnungen nachfolgend beschrieben. Die Erfindung ist dabei nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt. Es zeigen:

5 Fig. 1 Schematisch eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors,

Fig. 2 schematisch und perspektivisch eine Teilansicht einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors und

10 Fig. 3 schematisch den Aufbau einer Reformieranlage mit einer Brennstoffzelle.

Figur 1 zeigt eine vereinfachte Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Reaktors 1 zur partiellen Oxidation eines kohlenwasserstoffhaltigen Gasmischstromes, insbesondere in einer mobilen Reformieranlage 2 (nicht dargestellt). Der Reaktor 1 umfaßt ein Gehäuse 3 mit einer Innenfläche 4 sowie
15 einen Wabenkörper 5 mit einer Eintrittsseite 6 und einer Austrittsseite 7. Der Wabenkörper ist von der Innenfläche 4 des Gehäuses 3 umschlossen und weist für den Gasmischstrom in einer Strömungsrichtung 14 durchströmbare Kanäle 21 auf. Der Wabenkörper zeichnet sich dadurch aus, daß an der Austrittsseite eine
20 freie Abströmfläche 8 zur Wärmeabstrahlung (angedeutet durch die Pfeile 32) hat, die zur Innenfläche 4 des Gehäuses 3 hin ausgerichtet ist. „Frei“ bedeutet dabei, daß eine möglichst direkte Wärmeabstrahlung möglich ist, wobei insbesondere vermieden wird, daß Teile des Gehäuses 3 und/oder eines Mantelrohres 35 des Wabenkörpers 5 zwischen der Abströmfläche 8 und der Innenfläche 4 in Ab-
25 strahlrichtung 32 angeordnet sind. Die Innenfläche 4 weist dabei einen Emissionsgrad größer als 75 % bei einer Temperatur von 600° Celsius auf.

Das Gehäuse 3 hat eine Außenfläche 9, die mit Kühlrippen 10 ausgeführt und von einem Wärmetauscher 11 umgeben ist, wobei der Wärmetauscher 11 von einem
30 Kühlmedium 12 durchströmbar ist. Die aktive Kühlung des Gehäuses 3 setzt dabei erst zu einem Zeitpunkt ein, wenn die mit Hilfe eines Sensors 13 bestimmte

Temperatur des Wabenkörpers 5 größer als eine Grenztemperatur ist, die in Abhängigkeit des thermischen Verhaltens des Wabenkörpers 5 vorgegeben ist. Die Abströmfläche 8 des Wabenkörpers 5 ist hier konisch ausgeführt, wobei die Innenfläche 4 des Gehäuses 3 zylindrisch ist. Die konische Abströmfläche 8 und die zylindrische Innenfläche 4 sind zentrisch zur Strömungsrichtung 14 beziehungsweise Achse 34 angeordnet. Auf diese Weise wird eine Reflexion der Wärmestrahlung 32 zurück zum Wabenkörper 5 verhindert. Die Innenfläche 4 des Gehäuses 3 weist zusätzlich eine Mikrostruktur 15 auf.

10 Diese Mikrostruktur 15 bewirkt eine Vergrößerung der Oberfläche, die eine Erhöhung des Emissionsgrad bewirkt. Die Mikrostruktur 15 kann durch die Beschichtung der Innenfläche 4 mit beispielsweise mineralischen Materialien erzeugt werden. Alternativ kann durch die Beschichtung der Innenfläche 4 die Oberflächenstruktur 15 der Innenfläche 4 vorteilhaft noch weiter vergrößert werden.

15

Während des Betriebes des Reaktors 1 werden stromaufwärts 14 des Wabenkörpers 5 beispielsweise Luft über eine Oxidationsmittelzufuhr 29 und Benzin über eine Kohlenwasserstoffzufuhr 30 eingeleitet. Der daraus resultierende kohlenwasserstoffhaltige Gasgemischstrom wird mit einem Brenner 31 verbrannt und strömt anschließend über die Eintrittsseite 6 durch die Kanäle 21 des Wabenkörpers 5. Insbesondere bei einer katalytisch aktiven Oberfläche (nicht dargestellt) des Wabenkörpers 5 laufen, zumeist exotherme, chemische Reaktionen ab, die zu einer weiteren Aufheizung des Wabenkörpers führen. Die vom Wabenkörper 5 aufgenommene Wärme wird über die Abströmfläche 8 an der Austrittsseite 7 des Wabenkörpers 5 in Abstrahlrichtung 32 hin zur Innenfläche 4 des Gehäuses 3 emittiert. Der Gasgemischstrom wird anschließend beispielsweise mit Wasserdampf vermengt, der mit einer Düse 26 stromabwärts 14 des Wabenkörpers 5 eingeleitet wird. Diese Bestandteile des Gasgemischstromes werden nachfolgend in einem Mischkörper 23 gemischt, um eine möglichst homogene Verteilung der Bestandteile im Gasgemischstrom zu gewährleisten.

25

30

Figur 2 zeigt schematisch und perspektivisch eine Ausführungsform eines Wabenkörpers 5 in einem Gehäuse 3. Das Gehäuse 3 weist auf der Innenfläche 4 eine Beschichtung 16 auf, die eine raue Oberseite 17 hat.

- 5 Der Wabenkörper 5 ist von einem Mantelrohr 35 umgeben und weist strukturierte Blechlagen 18 mit Blechen 19 auf, die eine Dicke 20 kleiner 0,06 mm haben. Die dargestellte Ausführungsform des Wabenkörpers zeigt spiralig gewundene Blechlagen, wobei auch S-förmig gewundene oder geschichtete Blechlagen 19 den Wabenkörper 5 bilden können. Die Blechlagen 16 bilden Kanäle 21 durch die der
- 10 Gasgemischstrom über die Eintrittsstirnseite 6 strömt. Die Anzahl der Kanäle 21 pro einer Schnittflächeneinheit 22 ist größer als 600 cpsi, wobei der Wabenkörper 5 beziehungsweise die Kanäle 21 eine katalytisch 24 aktive Oberfläche 25 aufweist. Die bei der partiellen Oxidation entstehende Wärme wird über die freie Abströmfläche 8 hin zur Oberseite 17 abgestrahlt. Die freie Abströmfläche 8 ist
- 15 hier dadurch gebildet, daß die Blechlagen 18 mit einer unterschiedlich axialen 34 Länge 38 ausgeführt sind. Dabei sind die am längsten ausgeführten Blechlagen 18 nahe der Achse 34 angeordnet. Die Länge 38 der Blechlagen 18 nimmt radial auswärts 39 hin ab.
- 20 Figur 3 zeigt schematisch den Aufbau einer Reformieranlage 2 mit einer Brennstoffzelle 27, wie sie beispielsweise für die Energieversorgung elektrisch angetriebener Kraftfahrzeuge einsetzbar ist. Die Reformieranlage 2 umfaßt dabei in Strömungsrichtung 14 des Gasgemischstromes hintereinander einen erfindungsgemäßen Reaktor 1, einen Reformer 36, insbesondere zur Wasserdampfpreformierung, und eine Abgasreinigungsanlage 28 zur Reduzierung des Kohlenmonoxid-
- 25 anteils im Reformat. Dem Reaktor 1 werden dabei beispielsweise Benzin, das in einem Benzintank 37 gespeichert wird, über die Kohlenwasserstoffzufuhr 30 und Luft über die Oxidationsmittelzufuhr 29 zugeführt. Das im Reaktor 1 erzeugte wasserstoffangereicherte Gas strömt anschließend in den Reformer 36, wobei dem
- 30 Gasstrom Wasserdampf zugemengt wird. Der Wasserdampf wird beispielsweise aus Wasser aus einem Wassertank 33 mit Hilfe eines Verdampfers (nicht darge-

- 11 -

stellt) erzeugt. Nach der Wasserdampfreformierung folgt die Abgasreinigung. Dort findet vorzugsweise eine Kohlenmonoxid-Konvertierung hin zu Kohlendioxid statt. Damit erreicht das Produktgas eine Reinheit hinsichtlich der Kohlenmonoxid-Konzentration, die für den Einsatz in einer Brennstoffzelle 27 unbedenklich ist. Nach dem Verlassen der Brennstoffzelle 27 wird der Gasgemischstrom
5 entweder an die Umgebung abgeführt, oder wieder in die Reformieranlage, zum Beispiel zu Heizzwecken, zurückgeführt.

Bezugszeichenliste

5	1	Reaktor
	2	Reformeranlage
	3	Gehäuse
	4	Innenfläche
	5	Wabenkörper
10	6	Eintrittsstirnseite
	7	Austrittsstirnseite
	8	Abströmfläche
	9	Außenfläche
	10	Kühlrippe
15	11	Wärmetauscher
	12	Kühlmedium
	13	Sensor
	14	Strömungsrichtung
	15	Mikrostruktur
20	16	Beschichtung
	17	Oberseite
	18	Blechlage
	19	Blech
	20	Dicke
25	21	Kanal
	22	Schnittflächeneinheit
	23	Mischkörper
	24	Katalysator
	25	Oberfläche
30	26	Düse
	27	Brennstoffzelle

- 13 -

- 28 Abgasreinigungsanlage
- 29 Oxidationsmittelzufuhr
- 30 Kohlenwasserstoffzufuhr
- 31 Brenner
- 5 32 Abstrahlrichtung
- 33 Wassertank
- 34 Achse
- 35 Mantelrohr
- 36 Reformer
- 10 37 Benzintank
- 38 Länge

Patentansprüche

- 5 1. Reaktor (1) zur partiellen Oxidation eines kohlenwasserstoffhaltigen Gasgemischstromes, insbesondere in einer mobilen Reformieranlage (2), umfassend ein Gehäuse (3) mit einer Innenfläche (4) sowie einen Wabenkörper (5) mit einer Eintrittsstirnseite (6) und einer Austrittsstirnseite (7), wobei der Wabenkörper (5) zumindest teilweise von der Innenfläche (4) des Gehäuses (3) umschlossen und für den Gasgemischstrom durchströmbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Wabenkörper (5) an der Austrittsstirnseite (7) mindestens
10 eine freie Abströmfläche (8) zur Wärmeabstrahlung hat, die zur Innenfläche (4) des Gehäuses (3) hin ausgerichtet ist, und die Innenfläche (4) bei einer Temperatur von 600° Celsius einen Emissionsgrad größer als 75% hat, vorzugsweise größer als 80% und insbesondere größer als 85%.
- 15 2. Reaktor (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (3) mindestens eine Kühlvorrichtung (10, 11, 12) aufweist.
- 20 3. Reaktor (1) nach Anspruch 2, wobei das Gehäuse (3) eine Außenfläche (9) hat, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenfläche (9) des Gehäuses (3) mit Kühlrippen (10) ausgeführt ist.
- 25 4. Reaktor (1) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (3) an einen Wärmetauscher (11) grenzt, der von einem Kühlmedium (12) durchströmbar ist, wobei vorzugsweise mindestens ein Sensor (13) zur Bestimmung der Temperatur des Wabenkörpers (5) selbst und/oder des partiell oxidierten Gasgemischstromes vorgesehen ist.
- 30 5. Reaktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abströmfläche (8) konisch und die Innenfläche (4) zylindrisch oder oval

- 15 -

ausgeführt ist, wobei die Abströmfläche (8) und die Innenfläche (4) zentrisch zu einer Strömungsrichtung (14) angeordnet sind.

- 5 6. Reaktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenfläche (4) des Gehäuses (3) wenigstens teilweise eine Mikrostruktur (15) aufweist.
- 10 7. Reaktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (3) auf der Innenfläche (4) zumindest teilweise eine Beschichtung (16) aufweist, die eine raue Oberseite (17) hat.
- 15 8. Reaktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Wabenkörper (5) zumindest teilweise strukturierte Blechlagen (18) mit Blechen (19) aufweist, die eine Dicke (20) kleiner 0,06 mm, insbesondere kleiner 0,02 mm haben.
- 20 9. Reaktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Wabenkörper (5) Kanäle (21) hat, wobei die Anzahl der Kanäle pro einer Schnittflächeneinheit (22) größer als 600 cpsi (cells per square inch) beträgt, insbesondere größer 1000 cpsi.
10. Reaktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Wabenkörper (5) eine katalytisch (24) aktive Oberfläche (25) hat.
- 25 11. Reaktor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß dem Wabenkörper (5) stromabwärts (14) ein Mischkörper (23) angeordnet ist, der für einen Gasgemischstrom durchströmbar ist, wobei vorzugsweise zwischen dem Wabenkörper (5) und dem Mischkörper (23) ein Fluid einleitbar ist.

2/2

FIG.2

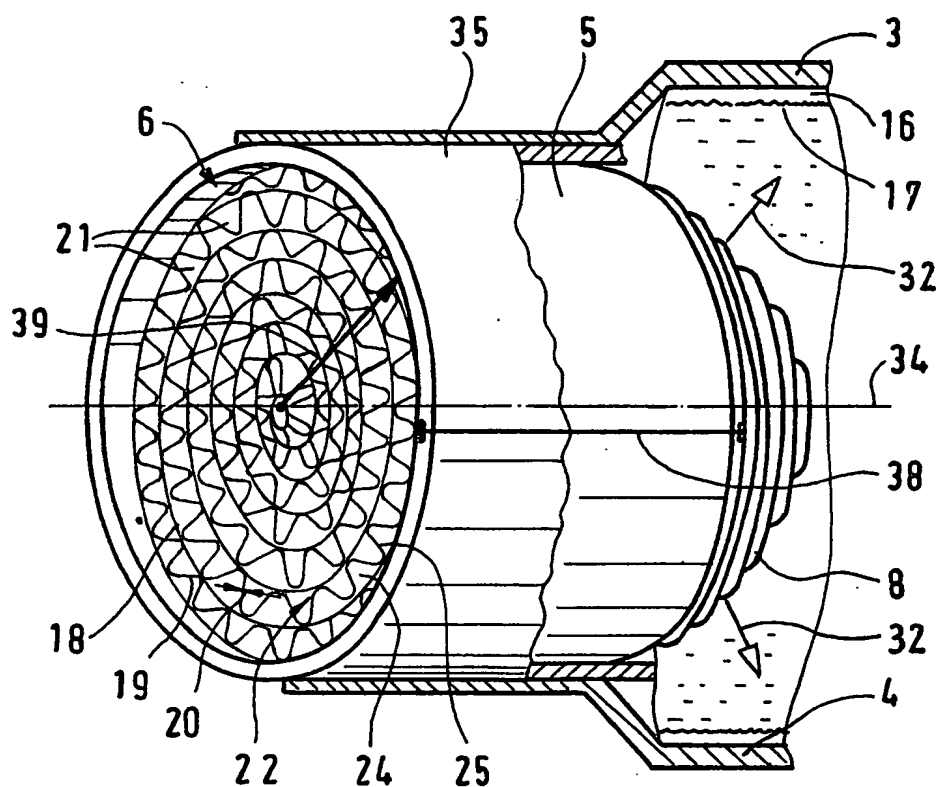
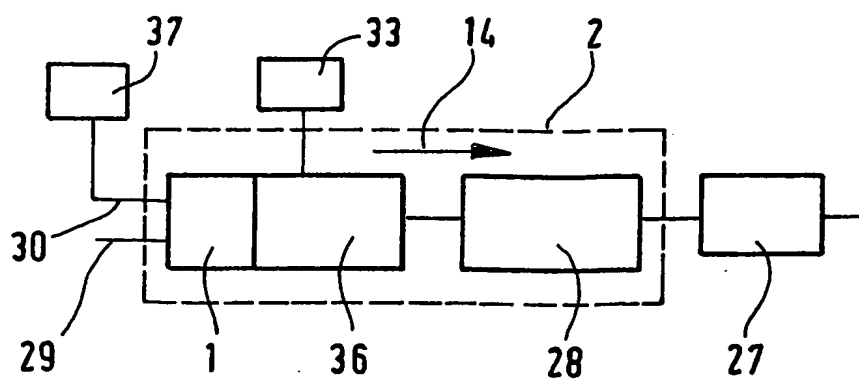


FIG.3



THIS PAGE BLANK (USPTO)